

記 事 0007 7
運 番

将棋の感想戦に見られる探索の変化過程

～negative search から positive search ～

伊藤毅志 (ito@cs.uec.ac.jp)
電気通信大学情報工学科

将棋というゲームは、非常に複雑で難しく、初心者、最初に将棋を指すとき、どう指したら良いのかわからない。しかし、学習するにつれ、指すべき手が徐々にわかってきて、可能な合法手のなかからもっともらしい指し手を選択することができるようになってくる。本研究では、アマ初級者、アマ中級者、アマ上級者、プロ棋士の思考過程を発話プロトコル分析で調べ、上級者ほど「指すべき候補手が早く正確に思い浮かぶこと」を確認した。初級者が先読みを行って、駄目になる手を消去法で探索（ネガティブサーチ）しているのに対して、上級者になるほど、候補手に評価が付くようになり、良くなる候補手が速やかに浮かび、先読みは良くなる順だけを自分の感覚を確認するために行っているという過程（ポジティブサーチ）がみられた。

さらに、対局実験を行い、局後の感想戦も分析した。その結果、アマ上級者以上では、敗因の箇所を見つけるだけでなく、そこから新しい評価基準を学習し、ある局面でどう指すことがもっともらしいのかという見方を獲得していることが確認された。

The Change Process of the Search

Observed for the KANSO-SEN of Shogi

～from negative search to positive search～

Takeshi ITO (ito@cs.uec.ac.jp)
Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

The game of the shogi is very complicatedly difficult, and the beginner can't decide the next move in some phases. However, it would be possible to choose the move, which it is plausible from legal moves in gradually proving with learning, the hand to be indicated. In this study, the novice player, beginner player, upper grade player, the expert player was examined in the think aloud protocol analysis, and it confirmed "that candidate move to be indicated early accurately thinks" as the expert player. For the confirmation, there was searching process in respect of the candidate move that it would give the evaluation in the candidate move and improves, as it became the expert player, while the hand is badly searched by method of elimination, and as the novice player carries out the advance searching.

In addition, the game experiment was carried out, and the KANSO-SEN after the game was also analyzed. As the result, it was traced to become phase over the player in the inside, and cause of defeat was specified, and that time best move was examined, and the process which examined why it should be so indicated, in detail was observed.

1. はじめに

将棋は探索空間が広く、人間の論理的思考だけではすべての変化手順を探索することが困難である。したがって、人間は直観的な思考も織り交ぜて、この複雑な課題に対処せざるを得ない。人間の直観的思考を認知科学的に研究する課題として、将棋はこの点において適していると考えられる[1][2]。

近年、コンピュータ将棋の実力は向上しているが、人間の直観的思考を用いたプログラムは少なく、多くは探索アルゴリズムの改良とハードウェアの高速化に伴う探索の高速化によって、棋力の向上が計られているのが現状である。

人間のプレーヤーは、一般に熟達者になると、局面を見た瞬間に局面の認識が可能であり、指すべき候補手がすぐに浮かぶことが経験的に指摘されている。多くのコンピュータ将棋が行っているように、合法手（ルールに反しない手）の殆どすべてを先読みし、静的評価を与え、評価値が高くなるように指し手を選択するというような思考過程は行っていないと考えられる。

人間は、コンピュータのように広く漏れなく探索することが苦手な代わりに、合法手の中からもっともらしい手を選択する能力に優れている。熟達者でなくとも、初級者（アマチュア5級）程度になると、「候補手の生成→先読み→評価→候補手の生成→・・・」という思考過程（対局者スクリプト）を獲得し、行き当たりばったり先読みをするようなことはしなくなることが指摘されている[3]。

従来の認知研究では、問題解決の領域で、安西が物理の問題解決において、初心者から熟達者の学習過程を調べている[4]。この中で、初心者のうち、何をして良いかわからないので、初期状態からランダムに探索を行う過程が観察されるが、徐々に学習が進むにつれて、目標状態から後ろ向きに探索する過程が見られるようになり、熟達者になると初期状態から解答がわかっているかのような前向き探索が見られるようになることを示した。

本研究では、将棋のような知識を用いなければ

解けない複雑な問題解決における探索過程を調べた。まず、初心者から熟達者の思考過程を発話プロトコル分析し、比較することにより探索の違いを調べた。さらに、対局実験を行って、局後に感想戦を行わせ、棋力による発話内容の違いも比較した。

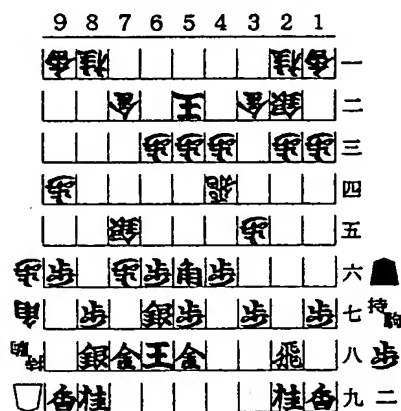
2. 実験1（次の一手実験）

2. 1 実験方法

アマチュア初級者（アマ8級程度）、アマチュア中級者（アマ1級前後）、アマチュア上級者（アマ五段）、プロ棋士の4クラス各2名、合計8名に対して、将棋の次の一手問題を提示し、思考過程を発話させ記録し、発話プロトコル分析を行った。

課題となる次の一手問題は、アマチュアトップクラスのプレーヤー数名に、予め様々な局面、様々な局面の進行状態（序盤、中盤、終盤）で、なるべく選択肢の広い問題を作成させたものを用いた（図1参照）。

【問題1】「▽4四飛まで」（先後逆）



（図1）被験者に提示した問題例

実験手順は、被験者にこれらの問題を提示し、「通常の対局の一局面と考えて、自分がこの局面になったとき、次の一手をどう指すか？自由に考えて次の一手が決まるまでの思考過程を発話してください」と教示した。課題解決にかかる時間には特に制限を設けず、発話と思考の様

子はビデオカメラで収録した。

2. 2 結果

以下の、図1の問題1を被験者に提示した際の発話データである。アマ上級者に関しては、別問題の発話例も挙げ、説明する。なお、< >内は、実験者の説明文で、・・・は、紙面の都合で省略している部分があることを表している。

(アマ初級者の発話例)

44 飛車まで。うーん、どういう局面なんだろう。えーと、飛車がいて、向こうの飛車が44で、角が相手の持ち駒で、こっちも角持ってる。・・・

<局面を理解するための発話が、40秒程度続く>

・・・48 飛車？ 48 飛車で取られないけど、

そしたら、こっち、24 飛車にいかれる。

それも嫌。

76 歩も不気味だけど、

76 歩は、ほおって置くと、77 歩成とはこないけど、

あんまり不気味じゃない、

駒が入れば怖いけど、

そのへんは、まあ、いいでしょう。・・・

<下線のように部分的な興味で検討が進み、評価で終わる先読みが続く>

・・・74 飛車、あ、それもないな。

それないから、いい感じなのかな。

45 歩、

んーっと、どこに逃げよう。

うーん、..、まあ、んー？

こんな45 歩ぐらいかな。

じゃ、45 歩でいきます。

<下線のように消去法で先読みが終了して、悪い変化の見つからない手の中から適当に手を選択する>

次の一手：45 歩

最終形勢判断：先手良し

思考時間：3分25秒

上記は典型的なアマ初級者の思考例である。局面の理解のための駒の配置に関する発話が長く続いている。その後、部分的な局面の理解か

ら、一部の局面に対する対処的な手についての言及があり、数手(殆ど3手、長くて7手程度)の先読みの後に評価が下される。先読みの特徴的な点は、目についた手を先読みして、たまたま良くなった手の中から、適当に(本人には何らかの選択基準があるのかも知れないが、明確な発話としては現れない)選択している。

(アマ中級者の発話例)

うーんと、なんだか、乱戦気味ですね。

こちらは56に角を手放していると。

うん。

つらそうですね。・・・

<局面を理解するための発話が20秒程度続く>

・・・なんか、95 歩、同歩、92 歩みたいになれば、

話がうまいんですけど。・・・

・・・ちょっと気になるのが、36 歩、同歩、46 飛車
みたいにこられても大丈夫かなあと。・・・

・・・それとも、76 歩の位が嫌なので、77 歩と合わせ
せる手はないかと。・・・

・・・相手から86 歩とか合わせる手はないかなあと
思うんですが、・・・

・・・45 歩とかいっちゃうとどうなのかなあと。・・・

・・・んー、25 飛車という手はないかなあとと思っ
たんですが、今。・・・

<下線のように次々と候補手が思いついては、先読みを行う>

・・・そうですね。

25 飛車があんまり嬉しくなさそうなので、

最初の95 歩にしたいと思います。

<下線のように消去法で評価して、悪くならない手の中から適当に手を選択する>

次の一手：95 歩

最終形勢判断：不明

思考時間：4分25秒

アマ中級者の発話例では、アマ初級者と同様、局面理解のための発話が最初に現れる。その後、部分的な理解からの候補手が現れるが、アマ初級者よりは広い局面を見ている。たとえば、9

5歩は端歩と角の効きの両方から考えた候補手で最低でも持ち駒も含めて6枚以上の駒の関係から導かれる候補手である。

先読みの深さは、殆ど一瞬で3手の先読みは可能になり、先読みを行う際にも(95歩を取らなかった場合どうするのか?のような)変化手順に注意する過程が観察された。

次の一手の選択方法は、アマ初級者と同じで、結局悪くなる手を消去していった、生き残った手の中から選択するという方法であった。

(アマ上級者の発話例1)

んー、相がかりですね。

先手が歩損して、るわけじゃないですね。

ちゃんと歩はありますね。

と、これは普通は、先後逆なんですね。

44飛まで、歩取り。・・・

<局面理解のための発話が早く(約5秒)、下線のよ
うに局面に対する知識がすでにある>

・・・47金もかなり気のきかない指し手なんで・・・

・・・26飛車はいかに薄い感じ。・・・

・・・となると、47金。・・・

・・・どっかで77歩の合わせがやりたいです。・・・

<評価付きの手を候補手として挙げて、先読みで確認
して検討する>

45歩も26飛も、ちょっと考え、やりたくないです。

47金もやりたくない。

しかたないんで、47金ですか。

<消去法で、指し手を選択する>

次の一手：47金

最終形勢判断：互角(先手自信ないが後手も力がある)

思考時間：1分12秒

(アマ上級者の発話例2：別の問題における発話)

これは向かい飛車ですか。

62の王様で仕掛けてくるとは、ちょっと図々しいんじゃないかと思うんですけど、

あ、これはつまり、35歩型向かい飛車に対して36歩と反発したところを、24歩、同歩、同飛車、同飛車、

同角ってことですね。

これはもう、先手が良くなってるんじゃないかと思うんですけど、・・・

<問題を見た瞬間に局面の流れの中で理解して、評価
までしている。>

・・・もう、攻め合いで、45歩だと思います。

あとは22歩は、ちょっと甘い感じがしますね。・・・

<評価付きの候補手が挙がって、確認する先読みが見
られる>

・・・36歩が嫌になってきますね。

やはりここでは45歩突きたいですね。・・・

・・・うん、まあしかし、若干居飛車がいいんじゃないかなとは思いますが。

ま、45歩突きたいです。

<最初の予想通りの結論が選択される>

次の一手：45歩

最終形勢判断：先手良し

思考時間：1分28秒

アマ上級者の発話では、非常に早く局面の理解が進んでいることが確認される。中盤戦までの多くの問題で、自分の持っている知識から、その局面を逆算する発話が見られ、局面をそれだけで評価するのではなく、前後関係から理解しようとする発話が見られた。

その後、候補手が生成されるが、多くの候補手の感覚も伴った発話が見られ(気の利かない指し手、薄い感じ、等)、見通しを持った候補手であると言える。

最終的な判断は、消去法的に決定される場合もあるが、発話例2のように問題を見て殆どすぐに結論の指し手(45歩)が見えるような場合もあり、探索も自分の感覚を確かめるように進められる傾向が見られる。

(プロ棋士の発話例)

これは、先後逆でよくある形なんですね。

中原先生が後手番の方の布陣を得意にされてまして。・・・

<局面の理解は一瞬で、自分の持っている知識とすぐ

照合する>

・・・先手は56角と打ってますので、この角が、これから将棋を創っていく主軸の駒になると思います。

・・・45歩突いて、54飛車ぐらいならば、

えー、26飛車と浮いて、36歩の筋を緩和しておくとか。

あるいは、75に銀がいるから、25飛車と単純ですけど、浮いて、次に35飛車と寄る手を見せるなんているのも、読んでみたいですね。・・・

<すぐに候補手が浮かぶ、良くなりそうな手から先読みをする。>

・・・ま、47金とか堅い手ですけど、

できれば、読みによんでこれしかないということになれば、指すかもしれませんが、

陣形を弱くして、

極力指したくない手ですね。

95歩の端攻めは狙い筋ですけど、

まだちょっとぬるい感じなので、

候補手の中からははずれそうですね。・・・

<それ以外の候補手も見えるが、優先順位は低い>

たとえば持ち時間の短い勝負でこの局面を迎えたら、

一番無難な手ということで、26飛車を選択しますね。

十分に持ち時間をここで費やすことができる状況であれば、

25飛車と45歩を深く掘り下げるとします。

<悪くなりそうな手は最初から読まない。良い手だけを読んで、一番良くなる手を選択する>

次の一手：26飛

形勢判断：互角

思考時間：1分37秒

プロ棋士の発話では、終盤問題以外は、殆ど見た瞬間知識との照合がなされ、局面の説明が現れる。アマ上級者との違いは、知識が整理され、ラベル付け(中原先生が得意にされている、等)されている点である。

候補手の生成も瞬時に良さそうな手だけが発話され、悪そうな候補手は後回しにされる。基本的に良くなる手を中心に読み進める傾向にあり、候補手から先読みの後、最も良くなる手を

探索する傾向が見られた。中級者までの被験者に見られるような消去法的な探索ではなく、基本的には良くなりそうな手の中から、最も良くなる手を選択するという、探索が見られた。

2.3 考察

アマ初級者からプロ棋士に至る思考過程の違いはまとめると以下のようになる。

(アマ初級者)

部分的な認識に基づいて多くの候補手が生成され、すべてについて一手ずつ評価を与えながら先読みを行う。もっともらしい手が選べないので、探索の幅は広がってしまいが、一手ずつ評価しながら先読みを進めるので時間がかかり、あまり深く探索できない。(広く浅い探索)

その中から、良い評価になったものを選択し、次の一手とするが、先読みも評価も不正確なので、探索範囲は広くても必ずしも良い手を選択できない。

また、先読みの際に全く予測がないので、読んでみないと評価ができない。(見通しのないランダム探索)

(アマ中級者)

アマ初級者よりは広い部分から候補手が生成されるので、アマ初級者よりは候補手の数は減少する。短い手筋のような知識があるので、手筋に則った手ならば瞬時に数手先まで読むことができる。

候補手生成の際には、先の見通しを持たないので、善し悪しはやはり読んでみないとわからない。結局多くの探索は悪くなって、悪くなる候補手を消去して、生き残った手を次の一手とする。(見通しのない先読み：ネガティブサーチ)

(アマ上級者～プロ棋士)

局面の流れの中で捉えることが出来るようになり、見た瞬間に良さそうな手、悪そうな手が判断でき、候補手の生成でも評価が付いている。

手の善し悪しがすぐに判断できるので、先読みでも瞬時に長手数を読むことが可能で、評価の分かれる変化手順も論理的に探索できる。見通しを持って先読みを行えるので、自分が良くなる手を積極的に読むことが可能で、評価の分かれる変化手順も含めて良さそうな候補手の中から最も良くなる候補手を選択して次の一手とする。(見通しを持った先読み：ポジティブサーチ)

アマ中級者とアマ上級者以上の決定的な違いは、局面を見て評価の付いた候補手が思い浮かぶかどうかの違いであるように思われた。候補手が浮かんでも、良くなりそうな手なのか、あまり良くない手なのかはわからないと、その先の探索も見通しのない探索になり、結局悪くなる先読みも多くしなくてはならない。結果として、消去法的なネガティブサーチになり、無駄の多い探索になる。

プロ棋士は、局面を見た瞬間に良さそうな手の判断が可能で、評価付きの候補手が思い浮かび、結果として狭く深いポジティブサーチが可能となると考えられる。

プロ棋士のこのポジティブサーチは、どのような学習過程から生まれるのか、アマ初級者の感想戦とアマ上級者の感想戦を比較して、学習の過程を調べることにする。

3. 実験2 (対局、感想戦)

3. 1 実験方法

棋力の近いプレーヤーをペアにして実験を計画した。アマ初級者クラス(アマ5級程度)とアマ上級者(アマ五段程度)をそれぞれペアにして対局をさせ、その後、感想戦を行わせ、その発話を記録した。合計5局、対局と感想戦を行い、発話データから違いを分析した。

3. 2 結果

それぞれのペアの発話データ例は、以下の通りである。

(アマ初級者同士の感想戦から)

A: 勝者(居飛車)、B: 敗者(振り飛車)

...

B: うーん、さばきあった時点では、すでにこっちが悪いのかなー。

A: 振り飛車側としては、不満のない形じゃないの?

B: ってことは、それ以前の問題だね。45歩が無理ってこと?

A: そんなことはないでしょー。これは十分ある手でしょう?

B: 24歩、同歩、45歩、..、64歩、44歩、同銀、45歩、同銀、33角成、同桂、45桂、同飛、24飛、..

A: そこ、同飛車って取ったのが不味かったんじゃない? 桂馬で取れば、銀に当たるでしょ?

B: え? でも飛車出られて、つらくない?

A: えーっ、さすがにこの銀取られるのはつらいでしょ。角打ちもあるし、13に、..

B: あ、そうかあ。桂馬で取る手もあるんだー。

...

アマ初級者クラスだと、明らかな悪手が必ず対局中に含まれていることが多く、局後の感想戦では、その同定が課題となる。したがって、感想戦では、敗因の特定に重きが置かれる傾向が見られる。敗因となった局面を見つけ、どう指すべきだったか、という最善手を見つけるとその局面の検討は終了し、別の局面の検討に移っていく。

(アマ上級者同士の感想戦から)

X: 勝者(居飛車)、Y: 敗者(振り飛車)

...

X: ここどうだったでしょうか? 難しいところだったと思うんですが、.. (笑)

Y: うーん、.. 変だったか、あのね、いや、そこなんだけど、

...

X: 26飛車はどう?

Y: 26飛車は全然考えてなかった。

...

X: いや、だから、馬をだから、23, 24, 35, っ
て使いたかったから。

Y: うん

X: そのとき、一緒に飛車もこう、..、なんと言うか、2
5歩垂れてから、もう一回56飛車と回ると、馬がい
い位置にいて、向こうも金銀がバラバラだから、..

Y: それは、考えてなかった。その一、38角と取った
ら?

...

X: こっちも23, 24, 35馬見えてるから、

Y: そうねえ。なんか、なんか、でもいまいち。馬つク
れないと、..

...

X: たしかに、そっちの方面を厚くして、戦うべきだっ
たんだ。。。玉頭勝負になるはずだから、..

...

X: 厚みを活かした展開に持ち込まなくちゃいけなかつ
た。

...

一般に、上級者の対局になるほど、明らかな
ミスが少なくなり、局後の感想戦では、敗因の
同定というよりは、自分が気づかなかった好手
を指摘しあう傾向が見られる。

対局中に気づかなかった手をどうすれば気づ
けるのか、という点を考慮した発話（そっち方
面を厚くして、厚みを活かした展開、等）が多
く見られた。

3. 3 考察

上級者の対局になると、ミスらしいミスが減
ってくるので、局後の感想戦では、敗因の特定
が困難になってくる。一応、敗因の特定を目指
して、感想戦は進められるが、敗因を特定する
ことだけが目的ではなくなってくる。

上級者になるほど、局面が損ねるのは、「自分
が対局中に気づかない場合や、軽視していた手
が実は好手だった」という時に起きると認識し
ているようであった。したがって、上級者同士
では、お互いの感覚のズレに敏感に反応し、感
想戦では、対局中には見えなかった指し手をお

互いに指摘しあう発話が多く見られる。このこ
とは、将棋で重要なことが「直感で見える手の
正確さ」にあることを意味している。

実験1でも見たように、一般に上級者ほど候
補手が狭く、瞬時にもっともらしい手が浮かぶ
が、そのもっともらしい手の精度が低いと見落
としにつながる。

上級者の感想戦では、もっともらしい手をど
ういう風に考えて導けば良いのかを感覚的な表
現で発話していて、そこで得られた知見を次の
対局に活かそうとしている。上記の感想戦の例
で言うと、「玉頭戦に備えて、玉頭方面を厚くす
る」という発想が対局中に不足していたので、
対局中に「26飛車」を軽視してしまい、局面
を損ねてしまったので、そのことに言及してい
る。

このように、上級者の感想戦では、敗因の箇
所を見つけるだけでなく、そこから新しい評価
基準を学習し、ある局面でどう指すことがもっ
ともらしいのかという感覚的知識（将棋用語で
は“大局観”と呼ばれる）を獲得していると思
えられる。これによって、上級者は、ある局面
で指すべきもっともらしい候補手を瞬時に正確
に絞り込むことが可能となり、結果として、ポ
ジティブサーチが出来るのだと考えられる。

4. まとめ

今回の報告で、対局者は学習するにつれて、
ランダムサーチからネガティブサーチを経て、
ポジティブサーチに変化していく過程が確認さ
れた。

また、上級者のポジティブサーチが可能な背
景には、学習過程で局面を直感的に判断するた
めの将棋特有の評価基準（厚みや筋、重さなど
の感覚的基準）を修正する過程があることが観
察された。

5. 今後の課題

将棋特有の感覚的基準を分類するとともに、
詳細を分析し、論理的に表現することを試みた
い。さらに、この表現をコンピュータ上に実装

し、感覚的基準をもとに上級者のようにポジティブサーチが可能なシステムの構築を目指す。

参考文献

- [1] 伊藤毅志、松原仁：「棋力の違いによる将棋対局者の認知過程」, 日本認知科学会第17回大会論文集, pp.174-175, 2000.
- [2] Takeshi Ito, Teiji Furugori : "How players learn at 'KANSO-SEN'", *Complex Games Lab Workshop*, pp.28-32, 1998.
- [3] 伊藤毅志：「将棋における人間の認知過程」, ゲームプログラミングワークショップ'99, pp.177-184, 1999.
- [4] Yuichiro Anzai : "Learning and use of representations for physics expertise", In K. A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise.*, Cambridge University Press. 1991